

# Evaluación agronómica de maíz tras aplicación de combinaciones de productos de calcio en terrenos ácidos

Maize agronomic evaluation after application of calcium combinations in acid soils

A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ<sup>1</sup> / R. PELÁEZ<sup>2</sup> / A. ARGAMENTERÍA<sup>1</sup> / A. SOLDADO<sup>1</sup> / A. GÓNZÁLEZ<sup>1</sup> / B. DE LA ROZA DELGADO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. 33300 Villaviciosa. [admartinez@serida.org](mailto:admartinez@serida.org)

<sup>2</sup>Delagro. Sociedad Cooperativa. Polígono de Almuña. 33700 Valdés (Asturias)

**Resumen:** El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar la eficacia de un encalante granulado formulado con una combinación de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , sobre el cultivo de maíz forrajero en la zona occidental de Asturias, de tradición maicera, y suelos de naturaleza predominantemente ácida. Para ello, se seleccionaron cuatro parcelas, lo más homogéneas posibles, cada una de las cuales se subdividió en tres subparcelas para la aplicación de dosis crecientes del producto encalante (0, 1500 y 3000 kg ha<sup>-1</sup>), en dos momentos de aplicación (otoño, previo a la siembra del forraje de invierno y primavera, previo al cultivo de maíz). La valoración agronómica se realizó en base a los cambios en el análisis del suelo, el rendimiento del cultivo (kg MS ha<sup>-1</sup>) y la valoración nutritiva y energética del maíz cosechado. El encalado no tuvo ningún efecto sobre la producción de maíz, independientemente del momento o la dosis aplicada, pero sí sobre el contenido en principios nutritivos de las plantas y el análisis del suelo. Los mejores valores se corresponden con las aplicaciones de otoño, independientemente de la dosis de aplicación, con un aumento en los contenidos de proteína, almidón, digestibilidad de la materia orgánica y contenido energético del maíz y un aumento del pH y del Ca disponible en el suelo.

**Palabras clave:** encalado, análisis de suelo, maíz forrajero, producción, valor nutritivo.

**Abstract:** The objective of this work has been to assess the efficacy of a lime powder product formulated with a combination of  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ , on forage maize crops in the Western coastal area of Asturias, whit tradition in this crop, and soils with acidic nature. Four plots were selected, in the most homogeneous way, and each one was subdivided in three subplots for the application of increasing doses of lime product (0, 1500 and 3000 kg ha<sup>-1</sup>), at two times (in autumn, prior to the sowing of winter forage and in spring, prior to the maize crop). The agronomic assessment was based on the changes in the soil analysis, the yield of the crop (kg ha<sup>-1</sup> MS), nutritive composition and energy content of harvested maize. The lime product did not have any effect on maize production, regardless of the time or the applied dose, whereas it had a positive effect on nutritive principles of plants and soil analysis. The best values correspond to fall applications, regardless of the dose of application, with an increase in the contents of protein, starch, organic matter digestibility and energy of maize forage. Besides, the results showed an increase in pH and the available soil Ca.

**Key words:** Liming, soil analysis, maize, yield, nutritive value.

## INTRODUCCIÓN

a mayor parte de los suelos de terrenos húmedos tienen reacción ácida por el lavado de las aguas de percolación. El resultado es un descenso de la fertilidad y un medio poco adecuado para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Debido a esto, el encalado puede ser muy rentable a pesar de sus costes, ya que produce un efecto estimulante de la cosecha, si se complementa con una adecuada fertilización. Un uso apropiado de la cal agrícola protege el ambiente, debido a que mejora la fijación simbiótica del nitrógeno en las leguminosas y reduce la toxicidad de algunos elementos

minerales, incrementa la eficiencia de los fertilizantes, mejora la efectividad de algunos herbicidas y aumenta las utilidades del cultivo (Lazcano Ferrat, 2000).

El uso de la cal agrícola mejora la disponibilidad inmediata de nutrientes para las plantas, aunque a largo plazo, favorece la actividad microbiana acelerando la descomposición de la materia orgánica y aumenta el pH del suelo permitiendo que las especies poco tolerantes a la acidez (como las leguminosas) crezcan en suelos que de otra manera serían desfavorables (Welch, 2002). Su uso continuado provoca un descenso de la materia orgánica del suelo si no se abona correctamente. Por su parte, la fertilización aumenta la necesidad de cal, ya que el amonio de los fertilizantes nitrogenados se oxida, formándose nitratos que en el suelo se comportan como ácidos.

El valor de pH del suelo afecta de manera diferente a los rendimientos relativos de los diversos cultivos siendo, junto con el fósforo soluble en suelos de monte o matorral recién transformados a pradera, el principal factor limitante de la producción en cantidad y calidad de los suelos de Galicia y el occidente de Asturias, predominantemente ácidos (Álvarez Rodríguez *et al.*, 2000).

El interés por una efectiva absorción de nutrientes deriva de la necesidad de incrementar la productividad y el valor nutritivo de los cultivos destinados, tanto a alimentación animal como humana (Martínez-Ballesta *et al.*, 2010). Por este motivo, el conocimiento de la eficacia de diferentes productos encalantes según sus características químicas -por su composición- y físicas -por su granulometría- permite realizar recomendaciones muy ajustadas a la respuesta esperada de los suelos y los cultivos. Sin embargo, los productos disponibles actualmente en el mercado presentan ciertas limitaciones debido a que son muy pulverulentos, precisan grandes cantidades de aplicación y no es posible combinarlos de manera efectiva a corto, medio y largo plazo.

El encalante ideal, debe tener un efecto alcalinizante suave y progresivo, para subir el pH hasta valores cercanos a la neutralidad; no debe tener efectos nocivos sobre el suelo, pues hay que aplicarlo repetidamente a lo largo de los años; debe incluir una proporción deseable de cationes, sobre todo  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y si es posible, ausencia de  $\text{Na}^+$ . Además deber ser barato, por la elevada cantidad que se aplica por hectárea. Por otro lado, el valor encalante o neutralizante efectivo también dependerá del tamaño de partícula. Debido a la baja solubilidad del  $\text{CaCO}_3$ , cuanto más finamente molido esté, más rápidamente reaccionará con el suelo y mayor será su eficacia.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el objetivo del presente trabajo ha sido evaluar agronómicamente un nuevo producto encalante con diferentes combinaciones de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , y en formato de gránulo, en combinación con la fertilización N-P-K, sobre el cultivo de maíz forrajero en el occidente de Asturias.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar una valoración agronómica del encalante granulado, y de su eficacia según el momento y la dosis de aplicación, se planteó un ensayo que se llevó a cabo en la costa occidental de Asturias, con tradición maicera, y suelos de naturaleza predomi-

nantemente ácida. Para ello, se seleccionaron cuatro parcelas (P1; P2; P3 y P4) destinadas al cultivo de maíz forrajero, lo más homogéneas posibles y con historial de abonado y cultivos previos, con una superficie individual aproximada de 1 ha. Cada parcela se subdividió en tres subparcelas para la aplicación de dosis crecientes del producto encalante: 0 como testigo, 1500 y 3000  $\text{kg ha}^{-1}$ , en dos momentos de aplicación: en otoño (26 de octubre 2010), previo a la siembra del forraje de invierno, y en primavera, previo al cultivo de maíz (20 de abril 2011). Se eligieron cuatro variedades de maíz 'DKC 4372' 'RULEXX' 'MAS 33 A' y 'MANACOR' clasificadas como de ciclo medio para la costa occidental, con un periodo de crecimiento entre 127 y 143 días transcurridos entre la siembra y el estado de grano pastoso vítreo, según la clasificación de Argamentería *et al.* (2011).

Previo a su aplicación en campo, se recogieron muestras del producto para su análisis y caracterización química. Se realizaron también análisis de suelo en todas las parcelas antes del tratamiento de encalado para conocer la situación de partida, en cuanto a contenidos en N, P, K, Ca, Mg, pH y capacidad de cambio del Al. Los análisis se repitieron en cada una de las cuatro fincas en las tres subparcelas de este ensayo encalante (0, 1500 y 3000  $\text{kg ha}^{-1}$ ) a los seis meses de la aplicación.

En las explotaciones lecheras del norte de España, la rotación de cultivo más habitual, por su elevada productividad (y utilizada en el presente trabajo), ha sido la de raigrás italiano- maíz (*Lolium multiflorum* Lam -*Zea mays* L.), repitiéndose de forma continuada a lo largo del tiempo. De acuerdo con dicho manejo, los laboreos realizados en la aplicación de otoño consistieron en un pase de grada de discos después del encalado (P1 y P2) y la aplicación de purín, seguido de tren de siembra del cultivo de invierno. Se sembró raigrás italiano bianual cv 'Bolero' tetraploide y raigrás híbrido cv 'Barsilòdiploide, a 18+18  $\text{kg ha}^{-1}$ . Tras realizar el aprovechamiento del cultivo de invierno, se preparó el terreno para la siembra del maíz, realizando las labores de pase de grada de discos después del encalado exclusivamente en las parcelas P3 y P4, y la aplicación de purín y abonado de fondo, pase de rotovator y siembra ajustada a 87 000 semillas  $\text{ha}^{-1}$  en todas las superficies.

El agente encalante, se aplicó en todos los casos en bandas y fue necesaria la utilización de una abonadora centrífuga por la heterogeneidad en la granulación. A pesar de esto, la aplicación resultó satisfactoria y la homogeneidad de la distribución del producto aceptable. Se comprobó la dosis aplicada por diferencias de peso en la báscula. En una banda se dio una pasada para aplicar la dosis de 1500  $\text{kg ha}^{-1}$ , y en la otra se dieron dos pasadas, con lo que la dosis final de aplicación fue de 3000  $\text{kg ha}^{-1}$ .

El maíz se aprovechó en todos los casos cuando el estado medio del grano alcanzó la línea de leche entre 1/3 y 1/2 del ápice (estado pastoso-vítreo) y se destinó a la elaboración de ensilado. Se delimitaron dos zonas de muestro para cada parcela y dosis de encalado, lo suficientemente distanciadas entre sí para ser consideradas repeticiones totalmente independientes.

Para el control de producción (momento de cosecha) se tomaron las plantas existentes en dos líneas a lo largo de cinco metros lineales por cada área de muestreo. Se

determinó el número de plantas por ha, los kg de materia verde y el rendimiento de materia seca del cultivo. Para el análisis de las muestras, se procedió a determinar el valor nutritivo por Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) de acuerdo con las ecuaciones desarrolladas en el Laboratorio de Nutrición del SERIDA y acreditadas por ENAC (Acreditación N° LE 430/930), y energía metabolizable según ARC (1980).

Los datos obtenidos fueron contrastados mediante análisis de varianza (SAS, 1999), según modelo lineal con factores de efecto fijo. No fue posible conseguir fincas para el ensayo que utilizasen la misma variedad de maíz, motivo por el cual fue preciso introducir el efecto ‘variedad’ en el diseño estadístico, según el modelo:

$$Y = \mu + \text{Fecha} + \text{Dosis} + \text{Variedad}(\text{Fecha}) + \text{Fecha} \times \text{Dosis} + \varepsilon$$

Donde:  $\mu$ = Media general y  $\varepsilon$  = Error del modelo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los valores de producción, composición química y contenido energético del maíz forrajero según momento de aplicación (otoño o primavera) y dosis del encalante evaluado (0, 1500 y 3000 kg ha<sup>-1</sup>).

Tabla 1. Producción, composición química y aporte energético estimado del maíz forrajero para ensilar, según época y dosis de aplicación del producto encalante.

	Fecha de aplicación				Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )					Fecha * Dosis
	Otoño 2010	Primavera 2011	ES	p	0	1500	3000	ES	p	p
Producción (t MS ha <sup>-1</sup> )	15,9	17,2	0,40	NS	16,7	16,4	16,7	0,49	NS	NS
MS (%)	34,7	33,9	0,74	NS	33,6	33,4	36,0	0,90	NS	NS
CEN <sup>a</sup>	3,8	3,9	0,08	NS	4,0	3,9	3,7	0,10	NS	NS
PB <sup>a</sup>	8,4	8,0	0,12	**	8,4	7,9	8,2	0,15	NS	NS
FND <sup>a</sup>	39,8	42,3	0,31	***	41,2	41,4	40,6	0,38	NS	NS
ALM <sup>a</sup>	36,6	34,0	0,65	**	34,5	35,5	35,9	0,79	NS	**
Ca <sup>a</sup>	0,18	0,20	0,010	NS	0,18	0,19	0,21	0,013	NS	NS
P <sup>a</sup>	0,26	0,23	0,008	*	0,25	0,24	0,23	0,010	NS	*
DMO (%)	77,7	76,1	0,18	***	76,8	76,7	77,0	0,23	NS	NS
EM (MJ kg <sup>-1</sup> MS)	11,9	11,7	0,03	*	11,8	11,8	11,9	0,04	NS	*

Medidas ajustadas por mínimos cuadrados ± error estándar. ES: error estándar  
\*p ≤ 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\* p < 0,001; NS: No Significativo (p > 0,05).<sup>a</sup>: % referidos a materia seca  
MS: Materia seca, CEN: Cenizas, PB: Proteína Bruta, FND: Fibra Neutro Detergente, ALM: Almidón, Ca: Calcio, P: Fósforo, DMO: Digestibilidad enzimática de la Materia Orgánica, EM: Energía metabolizable.

En general los valores de producción obtenidos en este ensayo, se aproximan a los publicados en la ‘Lista principal’ de la actualización 2010 de la evaluación de variedades comerciales de maíz para la costa occidental de Asturias (Argamentería *et al.*, 2011), que recoge valores medios de producción para las variedades ensayadas comprendidos entre 16,3 y 18,0 t MS ha<sup>-1</sup>. Los resultados de este ensayo no mostraron diferencias significativas en producción en función del momento de aplicación

(p>0,05) ni de la dosis empleada (p>0,05), aunque se observó peor stay-green (índice de verdor) en las plantas recogidas en las zonas correspondientes a la dosis más alta de encalado (3000 kg ha<sup>-1</sup>).

Si se observó un efecto sobre los principios nutritivos en función del momento de aplicación. En este sentido, los mayores contenidos en proteína bruta, almidón, digestibilidad de la materia orgánica y aportes energéticos y los menores de fibra neutro detergente se obtuvieron cuando el producto encalante se aplicó en otoño, previo a la siembra del cultivo invernal. En general la dosis de aplicación no supuso cambios significativos en los parámetros que definen la calidad nutritiva del maíz. Respecto al contenido en oligoelementos (Ca y P), no se apreció un efecto claro.

En cuanto a la interacción ‘fecha\*dosis’, se observó un aumento del contenido en almidón (p<0,01) y energía metabolizable (p≤0,05) con la dosis de 1500 kg ha<sup>-1</sup> aplicada en otoño. Teniendo en cuenta que el cultivo de invierno fue el mismo en todos los casos, nos hace pensar que el encalado en otoño puede facilitar mayor cantidad de nutriente implicados en la síntesis de almidón.

Los efectos del encalado a corto plazo (aplicación en primavera previa a la siembra del maíz) fueron inapreciables. Hay que tener en cuenta que los agentes encalantes contienen Ca y Mg bajo formas de carbonato y óxido. Los efectos del óxido son muy rápidos, pero poco duraderos. Por el contrario el carbonato es un producto de acción lenta y de remanencia media, considerándose a efectos prácticos que su efectividad máxima ocurre entre los 8-12 meses de su aplicación y su remanencia es de dos a cuatro años.

El efecto ‘variedad’ se dejó sentir sobre los contenidos en proteína bruta, fibra neutro detergente, almidón, digestibilidad de la materia orgánica y energía metabolizable, en concordancia con los resultados de evaluación de variedades comerciales de maíz en Asturias (Argamentería *et al.*, 2011).

Respecto al análisis de suelos, se detectaron diferencias entre las parcelas encaladas en otoño y las no encaladas, pero no se apreciaron diferencias significativas entre parcelas con diferentes dosis de encalante. Los resultados fueron los esperables tras la aplicación de un producto encalante, con un aumento de pH en agua entre 0,2 y 0,4 unidades, aumentos de aproximadamente un 10% del Ca disponible y reducción de la saturación de aluminio.

CONCLUSIONES

El encalado no afectó la producción del maíz independientemente del momento y de la dosis de aplicación. Los efectos del encalado a corto plazo (aplicación en primavera previa a la siembra del maíz) fueron inapreciables.

El encalado a medio plazo (aplicación en el otoño anterior a la siembra del maíz), tuvo efectos positivos sobre el contenido en principios nutritivos, observándose un aumento del contenido en almidón y energía metabolizable, y en el análisis del suelo que mostraron incrementos de pH y del Ca disponible.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, organismo financiador del proyecto CDTI -IDI-20090572 y a Alfonso Carballal, por su colaboración en el tratamiento estadístico de los datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ RODRÍGUEZ E., MONTERROSO MARTÍNEZ C. Y FERNÁNDEZ MARCOS M.L. (2000) Fraccionamiento de aluminio en suelos de Galicia bajo distintas especies forestales. *Edafología*, **7(3)**, 185-195

ARC (1980) *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Reino Unido: Commonwealth Agric. Bureaux,

ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ A., CARBALLAL SAMALEA A., SOLDADO CABEZUELO A., DE LA ROZA DELGADO B., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A., DEL VALLE MEANA J.D. Y ALPERI PALACIO, J. (2011) *Variedades De maíz. Actualización año 2010*. Villaviciosa, España: Ediciones SERIDA- Serie Informes Técnicos.

LAZCANO FERRAT I. (2000) Cal agrícola: conceptos básicos para la producción de cultivos. *Informaciones agronómicas*, **4**, 4-6.

MARTÍNEZ-BALLESTA M.C., DOMINGUEZ-PERLES R., MORENO D.A., MURIES B., ALCA-RAZ-LÓPEZ C., BASTÍAS E., GARCÍA-VIGUERA C. Y CARVAJAL M. (2010) Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. *A review. Agronomy for Sustainable Development*, **30**, 295-309.

SAS. (1999) SAS (Statistical Analysis System) Institute, SAS/STAT<sup>TM</sup>. *User's guide*. North Caroline, USA: SAS Institute, Inc. 10. Carry

WELCH R.M. (2002) The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Plant and Soil*, **247**, 83-90.

Evolución de las propiedades químicas del suelo y producción de una pradera fertilizada con purín de vacuno mezclado con concha de mejillón

Evolution of soil properties and production of a sown meadow after addition of cattle slurry plus mussel shell

M.D. BÁEZ BERNAL / J.F. CASTRO INSUA / A. LOURO LÓPEZ / J. VALLADARES ALONSO  
Dpto. de Pastos y Cultivos. CIAM-INGACAL. Apdo. 10, 15080, A Coruña (España)  
[dolores.baez.bernal@xunta.es](mailto:dolores.baez.bernal@xunta.es)

**Resumen:** El objetivo del presente trabajo fue estudiar los efectos de la aplicación de purín de vacuno (PV) y PV mezclado con diferentes dosis de concha de mejillón (CM) sobre las propiedades químicas del suelo; así como en la producción y calidad forrajera de una pradera. Respecto a las parcelas que no fueron tratadas (control) la aplicación de PV mantuvo el pH del suelo pero disminuyó el porcentaje de saturación por acidez en el complejo de cambio. La incorporación de CM con el purín mejoró algunos parámetros de fertilidad del suelo: incrementó la concentración de Ca en el complejo de cambio, la capacidad de intercambio catiónica efectiva, disminuyó la saturación por acidez e incrementó el pH del suelo hasta niveles más apropiados para el desarrollo del cultivo, manteniendo la producción y calidad de forraje. Así mismo, benefició la persistencia del trébol en la pradera respecto a la aplicación de purín de vacuno sin concha. A la vista de los resultados, es recomendable la utilización de este producto en las explotaciones ganaderas, hecho que permitiría reducir costes derivados de la adquisición de otros productos encalantes.

**Palabras clave:** fertilidad del suelo, pH, cationes de cambio, trébol.

**Abstract:** The aim of the present study was to determine the effects of cattle slurry (CS) application and CS mixed with mussel shell on soil chemical properties and also in the production and quality of a sown meadow. pH values in CS plots were similar to those found in not-treated soil while the concentration of Al in the soil cation exchangeable complex decreased. The addition of mussel shell to CS improved some of the soil fertility parameters: increased the concentration of exchangeable Ca, increased effective cation exchange capacity and decreased Al saturation. The pH values were significant higher in plots treated with mussel shell than that of CS treated soil without shell. The total production of pasture and forage quality were similar in all treated plots (CS and CS mixed with mussel shell treatments). The percentage of legume in the pasture was slight increased by the addition of mussel shell to CS. We concluded that the use of mussel shell can be recommended as livestock litter in farms and would provide an alternative to the use of lime reducing costs.

**Key words:** soil fertility, pH values, exchangeable cations, clover.

INTRODUCCIÓN

Galicia constituye una de las principales zonas mejilloneras del mundo, actividad que produce un gran beneficio económico pero que también genera gran cantidad de residuos en forma de concha. Tradicionalmente, en fincas cercanas al mar se han venido utilizando como abono productos como algas, restos de mariscos y conchas de moluscos. La concha de mejillón (CM) aplicada al suelo puede corregir su acidez debido a la cantidad de carbonato cálcico presente en su composición, entre el 95%-99%; pero además, posee una fracción orgánica, entre el 1%-5% y otros nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre, magnesio y potasio que pueden mejorar su fertilidad.